ПРОМЕНА ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА СА ПОРАСТОМ НАДМОРСКЕ ВИСИНЕ

Да би се могло говорити о промени температуре ваздуха са висином, мора се претходно изнети, како се ваздух у атмосвери уопште загрева.

Када сунчеви зраци пролазе кроз ваздух он их у већем износу пропушта и не загрева се од њих. Ово нарочито важи за ниже слојеве ваздуха где је он, ако је чист и сув, скоро потпуно дијатерман. Међутим, када сунчеви зраци падну на земљину површину земља их у већем делу апсорбује (нарочито копно) и претвори у топлотну енергију. Један део зрачне енергије бива рефлектован назад у атмосферу. Рефлексија је већа са водене површине, нарочито при ниским положајима сунца изнад хоризонта, него са копнене.

На тај начин се у току дана највише загреје земљина површина, а у вези са њом се загрева и ваздух који се налази изнад земље. У току ноћи земљина површина се охлади а такође се охлади и ваздух изнад ње. Према томе, загревање и хлађење ваздуха врши се углавном од земљине површине односно од подлоге. Из тог разлога промена температуре ваздуха, како у току времена тако и у простору, зависи од температурних промена саме подлоге изнад које се ваздух налази.

Загревање ваздуха од подлоге врши се на следеће начине:

— Спорим провођењем топлоте са честице на честицу ваздуха.

— Непосредним проласком кроз ваздух тамних топлотних зракова, које земља отпушта а које ваздух апсорбује и загрева се.

— Конвективним струјањем топлих ваздушних маса од земљине површине према висини, где се мешају са хладним ваздушним масама и тако се топлота изједначава.

С обзиром на овакво загревање ваздуха може се одмах

закључити да ће приземни слој ваздуха у току дана бити најтоплији и да ће затим температура ваздуха опадати са порастом надморске висине. У току ноћи земљина површина се постепено хлади а са њом се највише хлади и приземни слој ваздуха, тако да је ноћу најнижа температура баш у ваздуху изнад саме земљине површине а према висини се повећава. Повећањем температуре ваздуха са висином је обично највеће у најнижим слојевима а затим се смањује и на извесној висини је равно нули, па се затим температура опет смањује са висином.

Али када се говори о промени температуре ваздуха са висином, онда се морају узети у обзир две ствари које се односе на пораст висине, а то су: брдовити (планински) предео и слободна атмосфера. Опадање температуре са висином није исто у планинским пределима и у слободној атмосфери. Промена температуре са висином у планинским пределима је доста сложена и у знатној мери зависи од облика планинског масива, висине планине и још неких других фактора, што није случај у слободној атмосфери.

Нарочито је овде потребно да се изнесе, како се мења интезитет сунчевог зрачења (инсолација) са порастом надморске висине, а такође и како се мења ефективно земљино израчивање (радијација). Када се нпр. човек налази на високим планинама, и ако на његову кожу падну директни сунчеви зраци, они су тако јаки да скоро производе опекотине. Али чим се уђе у хлад или у затворене просторије, где нема директног сунчевог зрачења, добија се осећај доста хладног времена ма то био и најтоплији јули месец. То значи да интезитет директног сунчевог зрачења расте са порастом надморске висине како у планинским пределима тако и у слободној атмосвери. Али у исто време расте и интензитет ефективног земљиног израчивања.

Из тих разлога сама земљина површина се на планинским врховима јако загреје преко дана а преко ноћи се јако охлади. Због повећања инсолације и ефективне радијације, односно због јаког загревања у току дана и јаког хлађења у току ноћи, распадају се доста нагло стене на планинским врховима, као последица наглог ширења при загревању и наглог скупљања при хлађењу. Зато се на планинским врховима стварају оштри искрзани облици.

С обзиром на јако загревање дању и јако хлађење ноћу на планинским врховима се повећава дневно колебање температуре на земљиној површини у односу на дневно температурно колебање у долинама.

Међутим, температура ваздуха (на 2 метра изнад земље) не следује овим температурним променама своје подлоге. Ваздух се по дану слабије загрева а по ноћу слабије хлади на планинским узвишењима него у долинама. Зато је и дневно колебање температуре ваздуха у планинским пределима мање него у долинама. Поставља се сада питање зашто се ваздух на планинским врховима слабије загрева по дану и слабије хлади по ноћи него ваздух у долини, када се зна да и инсолација и радијација расту са висином. На ово питање се може овако одговорити:

Планински врхови или гребени имају малу површину која је преко дана изложена сунчевом зрачењу, па се зато и апсорбује мања количина сунчеве енергије која се претвори у топлоту, а последица тога је, да се температура околног ваздуха не може јако повећати у току дана. Сем тога, доста јаки ветрови изнад планинских врхова односе по дану загрејан ваздух изнад планинских врхова и на његово место доносе хладнији ваздух, који долази из слободне атмосфере. Ноћу су међутим слојеви ваздуха у доста стабилној равнотежи, те су и ветрови изнад планина слабији него по дану.

Други узрок за температурне односе у планинским пределима јесу дневни периодични ветрови који по дану дувају уз планинске падине а по ноћи обратно од планинских врхова према долини. Наравно ово се догађа само при тихом и ведром времену у току топлијих дана. При уздизању уз планинску страну ваздух се хлади и то прво 1 ^{0}C на сваких 100 метара, а када се засити воденом паром онда се хлади нешто мање. При спуштању у току ноћи ваздух се загрева исто тако 1^0 на 100 метара. И ово све утиче на температурне промене ваздуха.

Најзад, према многобројним мерењима која су вршена како у планинским пределима тако и у слободној атмосфери (помоћу радио сонди), установљено је да температура углавном опада са висином, и то у планинским пределима просечно 0,56^0 на сваких 100 метара, а у слободној атмосфери 0,5^0/100 метара.

Опадање температуре са висином у планинским пределима има свој дневни ток. У току лета по дану, када постоје узлазне струје, опадање је веће него по ноћи када може доћи и до пораста температуре са висином.

Слични односи у погледу опадања температуре са висином постоје и у слободној атмосфери. Као илустрацију навешћемо овде податке температуре у разним часовима дана на врху Ајфелове куле у Паризу (302 м) и у њеном подножју (на 2 м) за месец јануар и јули.

Таблица 1. Дневни ток температуре ваздуха изнад Париза у јануару и јулу

	Часови	1	4	7	10	12	14	16	18	20	22
Јануар	2 м	0,7	0,4	0,3	1,7	3,2	3,8	3,2	2,2	1,6	1,2
	302 м	1,1	0,8	0,6	1,2	1,6	1,9	1,8	1,7	1,6	1,3
	Разлика	—0,4	—0,4	—0,3	0,5	1,6	1,9	1,4	0,5	0,0	—0,3
Јули	2 м	14,3	13,1	15,9	19,9	21,2	21,7	21,2	20,1	17,6	15,9
	302 м	14,5	13,6	14,1	16,2	17,7	18,4	18,6	18,0	16,8	16,0
	Разлика	—0,2	—0,5	1,8	3,7	3,5	3,3	2,6	2,1	0,8	—0,1

Из ових података се види да у ноћним часовима температура расте са висином док у дневним опада. Највеће је опадање у часовима око поднева и то у јулу.

Повећање температуре са висином назива се *инверзија* или обрт температуре, а слојеви ваздуха у којима се ово дешава називају се инверзиони слојеви. Ако се температура не мења са висином, већ остаје у неком слоју константна, онда се такав слој назива *изотермија*.

Промена температуре ваздуха са висином има и свој годишњи ток. Максимум опадања је у току лета и износи просечно 0,75°/100 м, а минимум зими и то око 0,30/100 м. Ово важи за планине у унутрашњости копна, док је у приморским и планинским масивима обрнут случај; тамо је максимум зими а минимум лети.

Да би нам ова излагања била очигледнија навешћемо овде неке конкретне податке средњих месечних температура у Илици крај Сарајева, чија је надморска висина 497 м, и на врху Бјелашнице, чија је надморска висина 2067 м. Вертикална разлика између ова два места је 1570 м а хоризонтално растојање 14,4 км. Напред поменуте температуре изнете су у таблици 2.

Таблица 2. Средње месечне температуре у Илици и на врху Бјелашнице

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год.
Илица	-2,7	-0,9	5,3	9,4	13,9	17,1	19,2	19,0	15,0	10,2	5,5	0,7	9,3
Бјелашница	-7,9	-7,8	-5,1	-1,9	3,0	6,8	9,3	9,5	6,6	2,4	-2,1	-4,9	0,7
Разлика	5,2	6,9	10,4	11,3	10,9	10,3	9,9	9,5	8,4	7,8	7,6	5,6	8,6

Као што се из ове таблице види највећа температурна разлика је у априлу и мају а најмања у јануару и децембру. Верикални температурни градијент, односно опадање температуре на сваких 100 метара висине износи у најхладнијем месецу јануару 0,33°, у јулу 0,63°, док је у априлу 0,72°. Овако велики термички градијент у пролетњим месецима настаје из разлога што је тада Бјелашница још под снегом, и температура ваздуха је ниска, док је у Илици загревање већ доста интензивно и температура је релативно висока у односу на Бјелашницу.

У вези са променом температуре ваздуха са висином мења се и климатски карактер а такође се мењају како вегетациони услови тако и животни услови људи и животиња.

Напред је изнето да се пораст температуре са висином назива инверзијом температуре. Према начину и месту постанка разликују се следећи типови, инверзија: *радијационе* (приземне), *инве зије спуштања* (таложења) *ваздушних маса, фронталне* и *висинске инверзије.*

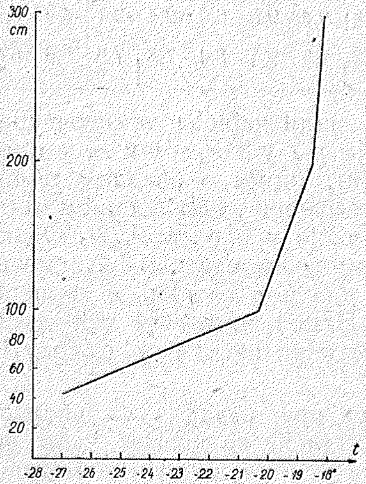
Радијационе инверзије се стварају у приземним слојевима ваздуха при интензивном хлађењу земљине површине. Ово се нарочито често догађа ноћу и у току зиме поготову када је земља покривена снегом. Један такав карактеристичан случај десио се ноћу између 16 и 17 фебруара 1956 године. Тада је минимална температура на разним висинама код Метеоролошке опсерваторије у Београду била:

На висини:	44 см	100 см	200 см	300 см
мин. темпер.	—27,0°	—20,4°	—18,6°	—18,2°

Напомињемо да је тада изнад земље био снежни покривач дебљине 42 см а први термометар се налазио 2 см изнад снежног покривача. Из предњих података се види, да је на висинском растојању од 256 см температурна разлика била

8,8° односно 0,34° на сваки десиметар, тј. температура је нагло расла са висином.

Промена минималне температуре са висином овога јутра код Метеоролошке опсерваторије у Београду претстављена је графички на слици 1.



Сл. 1

Изразитост ове температурне инверзије може се видети, ако се упореде минималне температуре у термометарским заклонима за две блиске метеоролошке станице које се разликују по надморским висинама. Навешћемо овде податке са Метеоролошке станице код Астрономске опсерваторије у Београду на надморској висини 253 м и податке са Метеоролошке станице код Електричне централе у Београду чија је надморска висина 76 м. Растојање између ових станица је 4,7 км. Минимална температура тога јутра на Астрономској опсерваторији била је — 14,4° а код Електричне централе — 22,5°.

У току лета приземне инверзије се образују ноћу у долинама и котлинама, које су под биљним покривачем са многобројним лишћем као што је детелина, или са широким лишћем као што је кукуруз и др.

Инверзије спуштања ваздушних маса настају при стабилном антициклонском времену, особито често изнад копна у току зиме, када се у доњим слојевима атмосфере ваздушне масе таложе према земљи. Овакве инверзије се још појачавају услед хлађења приземних ваздушних слојева који су у додиру са земљином површином. Висина инверзија спуштања може бити доста велика нарочито у центру антициклона; било је случајева да је оваква инверзија достизала висину од око 1600 метара.

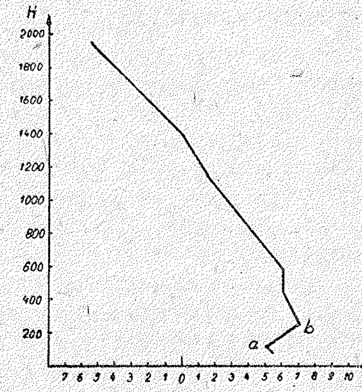
Фронталне инверзије се образују када се у атмосфери међусобно додирују ваздушне масе са различитим температурама. У том случају се топла ваздушна маса, као специ-

фично лакша, поставља изнад хладне, те тако температура ваздуха расте са висином.

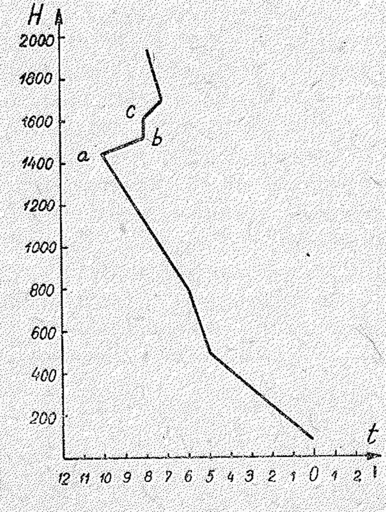
Висинске инверзије се могу образовати у слободној атмосфери на граници између две ваздушне масе, од којих једна мирује или се креће спорије него друга. Тада се на додирној површини између ове две ваздушне масе, са неједнаком брзином кретања, врши трење и загревање онога слоја ваздуха који се налази око додирне површине.

На доњој граници топлог ваздуха у инверзионом слоју код фронталних и висинских инверзија може доћи до стварања облака. Облаци су гомиласти код фронталних инверзија а слојевити код висинских.

Ако у атмосфери постоје инверзиони слојеви онда се атмосфера налази у стабилној равнотежи; у таквој атмосфери нема вертикалних ваздушних струја, па нема ни нарочите облачности, сем код фронталних инверзија. Оваква атмосфера није нимало погодна за једриличарство. Нарочито је велики стабилитет у атмосфери при радијационим инверзијама и инверзијама спуштања ваздушних маса. Тада о једрењу на малим висинама не може бити ни говора.



Сл. 2



Сл. 3

На слици 2 приказана је промена температуре са висином у слободној атмосфери на дан 26-XII-1939 године. Мерења су вршена помоћу авиона у Вршцу код тамошње Једриличарске школе. Као што се на овој слици види постоји у приземном ваздуху изразита инверзија температуре **од а до б**, тј. од

100 до 250 метара. Значи у овом слоју атмосфера је била стабилна. Исто тако на слици 3 приказана је једна висинска инверзија у слоју од 1450 до 1520 метара (од **а** до **б**), а затим један изотермни слој од 1520 до 1630 метара (од **б** до **ц**). Овај дијаграм претставља такође стање атмосфере изнад Вршца на дан 8-I-1940 године према мерењима помоћу авиона код Једриличарске школе. Овде је дакле атмосфера била стабилна тек од висине 1450 метара, па све до висине 1700 метара, и у томе слоју тога дана једрилице се нису могле одржати у ваздуху.

Д-р Марко Милосављевић